

Kénformák néhány rajasthani talaj szelvényében

A kén szerves és szervetlen formában egyaránt előfordul a talajokban. A növények az eső, az öntözővíz, továbbá a növényvédő szerek és a műtrágyák révén is rendszerint hozzájutnak ehhez az elemhez. Azonban a földművelés intenzívebbé válásával és ként nem tartalmazó, koncentrált műtrágyák alkalmazása esetén egyre nő a kénhiány jelentkezésének valószínűsége. Azokon a területeken, amelyeknek a feltételezések szerint a jelenlegi kénellátottsága megfelelő, a jövőben szintén bekövetkezhet ez a helyzet.

A talajban levő szervetlen kén kémiai sajátosságait már javarészt meghatározták, azonban a szerves kénvegyületek csoportosítása csak nagyjából történt meg (WILLIAMS, 1975). Az utóbbiak leginkább két fő csoportba — az ún. HI- (jód-hidrogénnel) redukálható kén, illetve a szénhez kötött kén csoportjába — sorolhatók (BETTANY et al., 1979; FITZGERALD, 1976; FRENEY és STEVENSON, 1966; FRENEY et al., 1975). Bizonyítást nyert, hogy mindkét frakció hozzájárul a növények kénellátásához (BETTANY et al., 1979; McLAREN és SWIFT, 1977; WALKER, 1957). A jelen dolgozat ismerteti a szerves és szervetlen S-formák természetét, a talajszelvényen belüli eloszlásukat és összefüggéseiket néhány fontos talajjellemzővel, mivel ezeknek az ismerete lényeges a növény táplálás szempontjából.

Anyag és módszerek

Kilenc, Rajasthan főbb talajtípusait (SOIL SURVEY STAFF, 1975) képviselő szelvényből vettünk mintákat. A talajok fizikai és kémiai jellemzői egy előző közleményünkben találhatók (SOMANI és SAXENA, 1977). Általánosságban elmondható, hogy a szóban forgó talajok pH-ja 7,4—8,9, elektromos vezetőképessége 0,05—0,75 mS/cm, CaCO_3 -tartalma 0,91—17,5%, szerves-C-tartalma 0,29—1,49%, agyagtartalma 11,2—46,8% közötti érték.

A légszáraz talajminták kén tartalmának vizsgálatát a következő módszerekkel végeztük:

| | |
|--------------------------------|--|
| — Összes kén tartalom | STEINBERGS et al. (1962) |
| — Összes szerves kén | WILLIAMS és STEINBERGS (1962) |
| — Vízoldható kén | FRENEY (1958), WILLIAMS és STEINBERGS (1959) |
| — Adszorbeált kén | FOX et al. (1964) |
| — HI-redukálható kén | WILLIAMS és STEINBERGS (1962) |
| — Szénhez kötött kén | FRENEY (1961) |
| — Raney-nikkel-redukálható kén | FRENEY et al. (1970) |
| — Sn-HCl-redukálható kén | FRENEY (1961) |
| — Nehezen oldható kén | VIRMANI és LANWAR (1971). |

A talajkivonatokban a ként CHESNIN és YIEN (1950) módszerével határoztuk meg.

A vizsgálati eredmények és értékelésük

Az eredmények nagy eltéréseket mutatnak a vizsgált talajok kénellátottságában. Az összes kén tartalom értéke 66 ppm (entisols, Jaisamand) és 527 ppm (inceptisols, Kumbhalgarh) között változik (1. táblázat). Az utóbbi nagyjából megfelel a világ más részeiben mért értékeknek; pl. Skócia: 355—598 ppm (LITTLE, 1958) és Minnesota (USA, csernozjom): 414—552 ppm (EVANS és ROST, 1945).

A. Szervetlen kén

Az 1. táblázat adataiból kitűnik, hogy a szervetlen formában levő kén az összes kén tartalom 33—79%-át teszi ki, és százalékos mennyisége a mélységgel nő a vizsgált szelvényekben. A Kumbhalgarhból származó inceptisols kén tartalmának 42—57%-át teszi ki a szerves formában levő kén. Ez részben a talaj magas térszíni fekvésének tulajdonítható, valamint annak, hogy erdőborítású, és évente tekintélyes mennyiségű szerves anyag kerül bele (SOMANI és SAXENA, 1977). A többi vizsgált talajszelvény magasabb szervetlen-S-tartalma valószínűleg alacsony szervesanyag-tartalmukkal kapcsolatos. Ezt támasztja alá az összes kén tartalomból szervetlen formában levő kén százaléka $\left(\frac{\text{szervetlen S}}{\text{szerves S}} \cdot 100 \right)$ és a talajok szerves-C-tartalma közötti összefüggés negatív szignifikáns korrelációs együtthatója ($r = -0,781$; $P \leq 0,001$).

a) *Vízoldható szulfát.* — A vízoldható szulfát mennyisége talajonként és a szelvényen belüli eloszlását tekintve is rendkívül eltérő. A felszíni rétegben az összes S 0,9—4,3%-át, a mélyebb rétegekben viszont 2,7—9,7%-át teszi ki. FRENEY (1958) megállapította, hogy rossz drénviszonyok között magasabb a talajok vízoldható-S-tartalma, és hogy a mélyebb rétegekben található nagyobb mennyiség a szabad gipsz jelenlétével kapcsolatos.

Ismeretes, hogy a félárid zóna szikes talajaiban főleg a Na_2SO_4 játszik döntő szerepet. Ez a típus azonban nem szerepelt vizsgálatainkban.

Több szakember a szulfát-S mennyiségét a növények számára felvehető kén mutatójaként alkalmazza. Általában, ha egy talaj SO_4 -S-tartalma 10 ppm alatt van, azt kénhiányosnak tekintik (KILMER és NEARPASS, 1960). Mivel — a Chandériából származó entisol kivételével — valamennyi vizsgált talajszelvény felszíni rétegében mért mennyiség ezt a határértéket meghaladja, ezek a talajok nem szegények kénben. A SO_4 -S-tartalom a mélységgel csökken.

b) *Adszorbeált szulfát.* — Az 1. táblázat adataiból látható, hogy a foszfátoldható kén mennyisége némileg magasabb, mint a kalcium-klorid-oldhatóé. Az a tény, hogy a foszfát reagens nem von ki több SO_4 -S-et mint a klorid reagens, azt mutatja, hogy ezek a talajok nem tartalmaznak észlelhető mennyiségű adszorbeált szulfátot. Ez előrelátható volt, mivel rendszerint az erősen mállott, számottevő mennyiségű alumínium- és vas-oxid-hidroxidot tartalmazó talajok rendelkeznek észlelhető SO_4 -adszorpció képességgel (BRÜMMER et al., 1971; CHAO et al., 1964; FOX et al., 1964). FOX és MTÁRSAI (1964) nem tudtak adszorbeált szulfátot meghatározni viszonylag kevés mállott talajokban. Ezenkívül — KAMPRATH és MTÁRSAI (1956), valamint WILLIAMS és STEINBERGS (1962) tapasztalatainak megfelelően — a SO_4 -adszorpció elhanyagolható a vizsgált talajokban, mivel a pH-értékük 6,5-nél magasabb.

c) *Nehezen oldható kén.* — Ez a frakció az összesnek 27—91%-át tette ki, és a viszonylagos arányuk (mint az összes kén hányada) a mélységgel növekedett. WILLIAMS és STEINBERGS (1962, 1964) szintén beszámolt a nehezen oldható kén ilyen nagyarányú előfordulásáról. Valószínűleg a CaCO_3 jelenléte és a magas pH-érték szerepet játszik e talajok jelentős nemszulfát-S-tartalmában. FRENEY (1961), valamint VIRMANI és KANWAR (1971) hasonló megfigyeléseket közölt. Feltehetően többféle nemszulfát kénvegyület fordul elő a talajban, például CaCO_3 -hoz, vashoz és alumíniumhoz kötődött kén. Mivel a vizsgált talajok

többnyire meszesek, valószínűleg gyakori a kén mint zárvány előfordulása a CaCO_3 -ban (BRÜMMER et al., 1971; WILLIAMS és STEINBERGS, 1964). A CaCO_3 -hoz kapcsolódott nemszulfát-S teljességgel felvehetetlen a növények számára (WILLIAMS és STEINBERGS, 1964).

e) *Kénkészlet.* — A kénkészlet, ami — a nem oldható formák mellett — a szerves kötésben levő kén túlnyomó részét képviseli, jóllehet nem könnyen felvehető a növények számára, a talajok S-állapotának megítélésében fontos kritérium. BARDSLEY (1960) véleménye szerint a kénkészlet képviseli, alkotja a potenciálisan felvehető ként. A jelen vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy ez a frakció az alsóbb rétegekben mért 56 ppm-től a felszíni rétegekben meghatározott 499 ppm-es értékig terjedhet. Megállapíthatjuk tehát, hogy a vizsgált talajok bőséges potenciálisan felvehető kénkészlettel rendelkeznek, különösen felszíni rétegükben.

B. Szerves kén

Többen arról számoltak be (EVANS és ROST, 1945; WHITEHEAD, 1964), hogy a talaj kéntartalmának nagyobb része szerves formában van, de az általunk vizsgált talajok esetében nem ez a helyzet (kivéve a Kumbhalgarhból származó inceptisolt), mivel bennük a szerves kén az összesnek csupán 21—48%-át tette ki. Ez a lényeges eltérés a talajok alacsony szervesanyag-tartalmának tudható be. Az 1. táblázat adataiból látható, hogy az összes kéntartalom szerves formában levő része, ami a felszíni rétegben 29—67%-ot tett ki, a mélységgel csökkent, az alsó rétegben csupán 22% volt. Ezt az eloszlási tendenciát mások is megfigyelték (EVANS és ROST, 1945; KANWAR és TAKKAR, 1964; VIRMANI és KANWAR, 1971; WILLIAMS és STEINBERGS, 1959).

A szerves C : szerves S arány a mélységgel nő, ami lehet a szerves anyag sajátosságainak következménye, vagy pedig a mélyebb rétegekben magasabb a S-koncentráció a szerves anyagban. Ez alátámasztja WILLIAMS és STEINBERGS (1959) megfigyeléseit, akik azt tapasztalták, hogy a talaj különböző rétegeiben levő szerves anyag sajátosságai eltérőek.

A világ különböző részein végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a talajokban a C : N : S : P arány 140 : 10 : 1,3 : 1,3 (BARROW, 1961; TABATABAI és BREMNER, 1972; WHITEHEAD, 1964). Ha a művelés következtében csökken a talaj szervesanyag-tartalma, ez az arány változatlan marad (HARPER, 1959). Jóllehet az általunk vizsgált talajok átlagos C : N : S : P aránya hasonló (144 : 10 : 1,9 : 1,8), az egyes talajcsoportok között észlelhető eltérések mutatkoznak. Ez valószínűleg az anyakőzet (WALKER és ADAMS, 1958; WILLIAMS és STEINBERGS, 1958; WILLIAMS et al., 1960) és a többi talajképző tényező különbözőségének tudható be (WALKER és ADAMS, 1958).

A meghatározott szerves-S-frakciók kémiai sajátosságai még lényegében ismeretlenek, és amíg nem rendelkezünk róluk pontosabb információkkal, addig csak empirikus frakcióknak tekinthetők, amelyek talán a szerves kén lehetséges megkötődését jelzik a molekulákban.

a) *HI-redukálható kén.* — A szerves kén egy része HI-savval H_2S -dá redukálható (FITZGERALD, 1976; FRENEY, 1961; FRENEY et al., 1975). Az 1. táblázatból látható, hogy a szerves kén HI-redukálható frakciója az összes szerves kén 33—62%-át teszi ki, és összefügg a N-tartalommal ($r=0,641$; $P\leq 0,001$). Több közleményben olvashatunk hasonló adatokat (FRENEY, 1961; FRENEY et al., 1969; TABATABAI és BREMNER, 1972; WILLIAMS és STEINBERGS, 1959). Néhány indiai (Gopalpura, Menar) vertisolnál a közvetlenül a felszín alatt húzódó rétegben a HI-redukálható kéntartalom valamivel magasabb (SOMANI és SAXENA, 1977); ez feltehetően a nagy huminsavtartalommal áll összefüggésben. FRENEY és társai (1969) szintén kimutatták, hogy a legtöbb HI-redukálható kén a talaj szerves anyagának nagyobb molekulásúlyú frakciójában (huminsav) található.

A HI-redukálható ként valószínűleg nem a huminsavban levő kondenzált aromás vegyületek foglalják magukba, hanem jobbra az alifás oldallancok (BETTANY et al., 1979).

Több kutató szerint (FRENEY et al., 1975; McLAREN és SWIFT, 1977) a HI-redukálható kén kevésbé stabil, mint a szénhez kötődött kén. Kénhiányos körülmények között a HI-

I.

A különböző kénformák megoszlása

| Származási hely, talajtípus és mintavétel mélysége, cm | Összes kén- tartar- lom | Szervetlen kénformák | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|------|---------------------|
| | | Szervet- len kén* | Foszfát- | CaCl ₂ - | Víz- | Nemszulfát kén** |
| | | | oldható szulfát | | | |
| Kumbhalgarh—Inceptisol | | | | | | |
| 0– 20 | 527 | 175 | 32,1 | 28,3 | 10,1 | 143,6 |
| 20– 48 | 397 | 163 | 25,4 | 22,1 | 12,3 | 137,9 |
| 48– 75 | 265 | 125 | 18,5 | 16,1 | 9,4 | 107,4 |
| 75–120 | 164 | 95 | 14,2 | 12,3 | 7,8 | 81,5 |
| Gopalpura — Vertisol | | | | | | |
| 0– 20 | 498 | 298 | 48,2 | 44,2 | 12,6 | 250,6 |
| 20– 42 | 493 | 280 | 41,7 | 39,3 | 14,8 | 238,3 |
| 42– 78 | 395 | 255 | 27,3 | 24,8 | 13,2 | 228,5 |
| 78–115 | 288 | 198 | 26,1 | 24,1 | 11,8 | 172,2 |
| 115–130 | 180 | 134 | 21,9 | 20,4 | 29,2 | 112,1 |
| Banswara — Aridisol | | | | | | |
| 0– 25 | 313 | 211 | 39,6 | 35,2 | 13,6 | 172,3 |
| 25– 45 | 294 | 204 | 35,1 | 32,7 | 18,1 | 169,7 |
| 45– 72 | 237 | 173 | 32,6 | 30,3 | 14,8 | 140,7 |
| 72–100 | 197 | 145 | 30,1 | 27,5 | 11,7 | 115,6 |
| 100–120 | 99 | 75 | 24,2 | 22,4 | 9,6 | 50,8 |
| Chanderia — Entisol | | | | | | |
| 0– 22 | 262 | 157 | 9,8 | 7,6 | 2,4 | 147,5 |
| 22– 36 | 195 | 130 | 8,7 | 7,1 | 3,6 | 122,2 |
| 36– 62 | 150 | 107 | 7,9 | 6,2 | 4,2 | 99,4 |
| 62– 95 | 132 | 99 | 6,7 | 5,4 | 2,7 | 93,0 |
| 95–120 | 75 | 56 | 6,1 | 4,0 | 2,3 | 50,8 |
| Mandel — Mollisol | | | | | | |
| 0– 20 | 341 | 204 | 30,2 | 26,5 | 3,3 | 174,7 |
| 20– 45 | 265 | 167 | 27,3 | 23,8 | 5,8 | 140,0 |
| 45– 68 | 217 | 147 | 24,5 | 20,4 | 7,7 | 122,9 |
| 68– 95 | 197 | 135 | 19,3 | 16,9 | 5,3 | 116,5 |
| 95–118 | 129 | 91 | 17,1 | 14,8 | 3,5 | 74,3 |
| Malikhera — Vertisol | | | | | | |
| 0– 15 | 384 | 236 | 55,8 | 52,2 | 12,8 | 180,8 |
| 15– 35 | 288 | 185 | 49,1 | 46,8 | 15,7 | 136,5 |
| 35– 60 | 213 | 146 | 28,5 | 25,4 | 16,1 | 118,2 |
| 60–105 | 166 | 118 | 21,6 | 18,1 | 11,9 | 97,2 |
| Menar — Vertisol | | | | | | |
| 0– 10 | 319 | 228 | 44,6 | 39,7 | 11,2 | 183,9 |
| 10– 30 | 291 | 215 | 35,8 | 32,4 | 13,5 | 179,3 |
| 30– 50 | 198 | 151 | 28,1 | 24,1 | 12,9 | 123,0 |
| 50– 90 | 141 | 109 | 20,1 | 17,2 | 10,8 | 89,8 |

táblázat

a vizsgált talajszelvényekben

| Szerves kénformák | | | | | C : N : P : S |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|---|----------------------|------------------------|
| Összes szerves S ⁺ | HI-redukálható S ⁺⁺ | Szénhez kötött kén | | Sn—HCl-redukálható S | |
| | | Összes | Raney-nikkel-redukálható S ⁺⁺⁺ | | |
| 351,5 (66,7) | 150,5 (42,8) | 201,0 | 58,3 (29,0) | 30,5 | 136 : 10 : 3,41 : 3,20 |
| 233,9 (58,9) | 103,4 (44,2) | 130,5 | 36,5 (27,9) | 15,1 | 148 : 10 : 4,00 : 3,10 |
| 139,9 (52,6) | 80,7 (57,7) | 59,2 | 17,1 (28,9) | 6,2 | 158 : 10 : 2,52 : 2,67 |
| 68,4 (41,7) | 41,3 (60,4) | 27,1 | 11,3 (41,7) | 4,1 | 195 : 10 : 3,60 : 2,78 |
| 199,9 (40,0) | 72,1 (36,1) | 127,8 | 45,8 (35,8) | 20,8 | 124 : 10 : 2,47 : 2,33 |
| 213,7 (43,3) | 78,2 (36,6) | 135,5 | 50,3 (37,4) | 18,7 | 148 : 10 : 2,87 : 2,28 |
| 138,8 (35,3) | 62,6 (46,1) | 76,2 | 31,2 (40,9) | 10,3 | 167 : 10 : 3,23 : 2,44 |
| 89,9 (31,2) | 45,9 (51,5) | 44,0 | 19,5 (44,3) | 6,9 | 181 : 10 : 2,81 : 2,25 |
| 46,2 (25,6) | 28,8 (62,3) | 17,4 | 8,7 (50,0) | 4,8 | 186 : 10 : 2,24 : 2,06 |
| 101,2 (32,3) | 38,7 (38,2) | 62,5 | 25,6 (40,9) | 10,3 | 99 : 10 : 1,82 : 1,36 |
| 89,9 (30,5) | 34,5 (38,4) | 55,4 | 20,1 (36,3) | 7,4 | 104 : 10 : 1,12 : 1,15 |
| 64,9 (27,0) | 30,3 (46,7) | 34,6 | 12,4 (34,1) | 6,1 | 132 : 10 : 1,27 : 1,23 |
| 51,9 (26,3) | 25,8 (49,7) | 26,1 | 11,1 (42,6) | 4,1 | 147 : 10 : 0,93 : 1,29 |
| 29,9 (24,4) | 17,9 (59,9) | 12,0 | 6,5 (54,2) | 2,6 | 157 : 10 : 1,02 : 0,98 |
| 105,2 (40,1) | 39,8 (37,8) | 60,4 | 22,4 (34,2) | 9,3 | 189 : 10 : 1,36 : 1,36 |
| 64,6 (33,0) | 33,9 (52,6) | 30,0 | 14,3 (46,9) | 7,5 | 106 : 10 : 0,68 : 1,23 |
| 43,3 (28,8) | 23,5 (54,3) | 19,8 | 10,7 (54,0) | 6,0 | 110 : 10 : 0,53 : 1,06 |
| 32,6 (24,6) | 18,3 (56,1) | 14,3 | 7,1 (49,7) | 3,8 | 128 : 10 : 0,61 : 1,06 |
| 18,2 (24,2) | 11,1 (60,9) | 7,1 | 4,2 (59,2) | 2,5 | 157 : 10 : 0,55 : 0,96 |
| 136,5 (40,0) | 45,3 (33,2) | 91,2 | 33,6 (36,8) | 12,2 | 97 : 10 : 1,68 : 1,41 |
| 98,5 (37,1) | 35,8 (36,3) | 62,7 | 22,8 (36,4) | 9,6 | 109 : 10 : 1,16 : 1,37 |
| 70,2 (32,3) | 28,6 (40,7) | 41,6 | 18,7 (37,7) | 6,5 | 128 : 10 : 1,19 : 1,25 |
| 61,7 (31,2) | 26,3 (42,6) | 35,4 | 13,0 (36,7) | 4,5 | 144 : 10 : 1,11 : 1,40 |
| 30,1 (29,4) | 28,2 (53,0) | 17,9 | 6,2 (49,8) | 3,3 | 141 : 10 : 8,87 : 1,24 |
| 147,9 (38,5) | 57,3 (38,7) | 90,6 | 35,4 (39,1) | 20,1 | 124 : 10 : 2,59 : 1,96 |
| 103,2 (35,7) | 42,7 (41,4) | 60,5 | 22,1 (36,5) | 12,4 | 121 : 10 : 1,75 : 1,47 |
| 66,7 (31,3) | 35,3 (52,9) | 51,4 | 13,3 (42,4) | 8,4 | 157 : 10 : 1,54 : 1,57 |
| 47,8 (28,7) | 27,8 (58,2) | 20,0 | 10,5 (52,5) | 5,2 | 185 : 10 : 1,21 : 1,44 |
| 91,4 (28,4) | 32,4 (35,5) | 39,0 | 19,4 (32,9) | 11,3 | 94 : 10 : 1,61 : 1,64 |
| 76,8 (26,3) | 36,9 (43,0) | 39,9 | 15,1 (37,8) | 6,8 | 115 : 10 : 1,39 : 1,51 |
| 47,2 (23,8) | 26,4 (56,9) | 20,8 | 13,9 (66,8) | 5,7 | 140 : 10 : 1,49 : 1,31 |
| 31,4 (22,2) | 10,0 (59,2) | 12,8 | 8,2 (64,1) | 4,5 | 166 : 10 : 1,39 : 1,41 |

1. táblázat

| Származási hely, talajtípus és mintavétel mélysége, cm | Összes kén- tartalom | Szervetlen kénformák | | | | | Nemszulfát kén** |
|--|----------------------------|----------------------|----------|---------------------|------|-----------------|---------------------|
| | | Szervetlen kén* | Foszfát- | CaCl ₂ - | Víz- | oldható szulfát | |
| | | | | | | | |
| Jaisamand — Entisol | | | | | | | |
| 0– 8 | 339 | 117 | 22,4 | 18,3 | 4,1 | 95,3 | |
| 8– 25 | 253 | 143 | 20,5 | 17,2 | 5,8 | 122,9 | |
| 25– 52 | 159 | 95 | 18,3 | 15,7 | 5,3 | 77,4 | |
| 52– 67 | 103 | 66 | 15,1 | 12,3 | 4,5 | 51,6 | |
| 67–120 | 66 | 44 | 12,2 | 10,7 | 3,8 | 32,0 | |
| Manipura — Alfisol | | | | | | | |
| 0– 22 | 319 | 209 | 35,3 | 30,1 | 7,8 | 173,7 | |
| 22– 45 | 306 | 204 | 30,1 | 24,7 | 10,2 | 174,2 | |
| 45– 72 | 271 | 192 | 24,5 | 20,3 | 11,1 | 167,9 | |
| 72–105 | 239 | 179 | 20,3 | 17,4 | 9,3 | 158,7 | |
| 105–125 | 181 | 141 | 17,4 | 14,6 | 8,5 | 164,4 | |

* Szervetlen kén = Összes S-tartalom – Szerves kén.

** Nemszulfát kén = Összes S-tartalom – (Foszfátoldható S + Szerves S)

redukálható kén feltehetőleg mineralizálódik, és a növények számára felvehetővé válik (BETTANY et al., 1979).

b) *Szénhez kötött kén.* — Ha az összes szerves kénből levonjuk a HI-redukálható kéntartalmat, megkapjuk a szénhez kötött kén mennyiségét. Méréseink alapján ez az összes szerves kénnek 38–67%-a. Szoros összefüggésben áll a nitrogén- ($r=0,846$; $P\leq 0,001$) és a szerves-P-tartalommal ($r=0,793$; $P\leq 0,001$), ami azt jelzi, hogy ennek a frakciónak a sajátosságai nagyjából változatlanok az egész szelvényben.

c) *Raney-nikkel-redukálható kén.* — Ez a szerves kötésben levő kén egyik alfrakciója (valószínűleg a szerves anyagban található cisztinból és metioninból származik) (McLACHLAN, 1974). Az összes szénhez kötött kénnek 28–67%-át teszi ki. Hasonló adatokat közöltek a világ több részéből (FRENEY et al., 1969; LOWE, 1969; LOWE és DeLONG, 1963).

d) *Sn és HCl kezeléssel redukálható kén.* — E frakció meghatározása úgy történt, hogy — SMITTENBERG és mtársai (1951) módszere szerint — sósavas közegben ónnal redukáltuk a talajokat. Ezzel az eljárással főleg a szervetlen kén redukált formáit határozzák meg, de némi szerves kén is redukálódhat. Ennek a frakciónak a mennyisége 3–30 ppm között változott, és a mélységgel csökkent. WILLIAMS (1975) szerint jól levegőzött felszíni talajokban a szervetlen kénvegyületek redukált formái elenyésző mennyiségben fordulnak elő. Ennélfogva a tanulmányozott talajokban feltehetően főleg szerves ként redukáltunk a szóban forgó módszerrel. Az összes kén 2–6%-át alkotta ez a frakció, és szoros összefüggést mutatott az összes kén ($r=0,78$; $P\leq 0,001$), a szerves kén ($r=0,81$; $P\leq 0,001$) és az összes nitrogén mennyiségével ($r=0,72$; $P\leq 0,001$), ami alátámasztja MELVILLE és mtársai (1971) megfigyeléseit.

A vizsgálati adatok alapján megállapíthatjuk, hogy az adott, kénrel jól ellátott talajokban az elem nagyobb része szervetlen formában található, és hogy a szerves kötésben levő kén tekintélyes mennyisége észter-SH, továbbá cisztin és metionin alakban van jelen.

folytatása

| Szerves kénformák | | | | | C : N : P : S |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|---|----------------------|------------------------|
| Összes szerves S ⁺ | HI-redukálható S ⁺⁺ | Szénhez kötött kén | | Sn—HCl-redukálható S | |
| | | Összes | Raney-nikkel-redukálható S ⁺⁺⁺ | | |
| 161,5 (47,6) | 56,1 (34,7) | 105,4 | 37,6 (35,7) | 19,5 | 119 : 10 : 2,75 : 2,20 |
| 110,1 (43,4) | 46,3 (42,1) | 63,8 | 23,9 (37,5) | 11,3 | 156 : 10 : 2,41 : 1,95 |
| 63,8 (40,0) | 34,6 (54,2) | 29,2 | 13,7 (46,9) | 7,5 | 136 : 10 : 1,65 : 1,59 |
| 37,2 (35,0) | 20,9 (56,2) | 16,3 | 8,4 (51,5) | 5,5 | 169 : 10 : 1,59 : 1,53 |
| 22,1 (33,3) | 12,9 (56,8) | 9,2 | 5,1 (55,4) | 3,1 | 200 : 10 : 1,59 : 1,55 |
| 110,3 (34,5) | 37,3 (33,6) | 73,0 | 22,6 (30,9) | 15,4 | 99 : 10 : 2,29 : 1,35 |
| 101,9 (33,3) | 54,4 (33,9) | 65,4 | 20,1 (29,8) | 11,3 | 121 : 10 : 2,04 : 2,00 |
| 79,5 (29,2) | 28,1 (35,3) | 51,4 | 16,3 (31,7) | 8,5 | 165 : 10 : 2,44 : 2,30 |
| 60,1 (25,1) | 25,9 (41,6) | 35,1 | 15,0 (37,0) | 6,6 | 198 : 10 : 2,31 : 2,40 |
| 50,1 (22,1) | 20,3 (50,6) | 19,5 | 7,9 (39,9) | 4,6 | 200 : 10 : 2,48 : 2,18 |

Megjegyzés: A zárójelben lévő adatok:

+ Az összes S%-a ++ A szerves S%-a +++ Az összes szénhez kötött S%-a

Irodalom

- BARDSLEY, C. E., 1960. Absorption of sulfur from organic and inorganic sources by bush beans. *Agron. J.* **52**, 485—486.
- BARROW, N. J., 1961. Studies on mineralization of sulfur from soil organic matter. *Aust. J. agric. Res.* **12**, 306—319.
- BETTANY, J. R., SAGGAR, S. & STEWART, J. W. B., 1980. Comparison of the amounts and forms of sulfur in soil organic matter fractions after 65 years of cultivation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **44**, 70—75.
- BETTANY, J. R., STEWART, J. W. B. & SAGGAR, S., 1979. The nature and forms of sulfur in organic matter fractions of soils selected along an environmental gradient. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **43**, 981—985.
- BRÜMMER, G., GRUNWALDT, H. S. & SCHROEDER, D., 1971. Beiträge zur Genese und Klassifizierung der Marschen. II. Zur Schwefelmetabolik in Schlick und Salzmarschen. *Z. Pflernähr. Bodenk.* **128**, 208—220.
- CHAO, T. T., HARWARD, M. E. & FANG, S. C., 1964. Iron or aluminium coatings in relation to sulfate adsorption characteristics of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **28**, 632—635.
- CHESNIN, L. & YIEN, C. H., 1950. Turbidimetric determination of available sulfates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **15**, 149—151.
- EVANS, C. A. & ROST, C. O., 1945. Total organic sulfur and humus sulfur of Minnesota soils. *Soil Sci.* **59**, 125—137.
- FITZGERALD, J. W., 1976. Sulfate ester formation and hydrolysis: a potentially important yet often ignored aspect of the sulfur cycle of aerobic soils. *Bacteriological Reviews.* **40**, 698—721.
- FOX, R. L., OLSON, R. A. & RHOADES, H. F., 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plant and soil tests. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **28**, 243—246.
- FRENEY, J. R., 1958. Determination of water-soluble sulfate in soils. *Soil Sci.* **86**, 241—244.
- FRENEY, J. R., 1961. Some observations on the nature of organic sulfur compounds in soils. *Aust. J. agric. Res.* **12**, 424—432.
- FRENEY, J. R. & STEVENSON, F. J., 1966. Organic sulfur transformations in soils. *Soil Sci.* **101**, 307—316.
- FRENEY, J. R., MELVILLE, G. E. & WILLIAMS, C. H., 1969. Extraction, chemical nature, and properties of soil organic sulphur. *J. Sci. Food Agric.* **20**, 440—445.

- FRENEY, J. R., MELVILLE, G. E. & WILLIAMS, C. H., 1970. The determination of carbon bonded sulfur in soil. *Soil Sci.* **109**. 310—318.
- FRENEY, J. R., MELVILLE, G. E. & WILLIAMS, C. H., 1975. Soil organic matter fractions as sources of plant-available sulphur. *Soil Biol. Biochem.* **7**. 217—221.
- HARPER, H. J., 1959. Sulfur content of Oklahoma soils, rainfall and atmosphere. *Okl. agric. Exp. Sta. Bull.* **B536**.
- KAMPATH, E. J., NELSON, W. L. & FITTS, J. W., 1956. The effect of pH, sulfate and phosphate concentrations on the adsorption of sulfate by soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **20**. 463—466.
- KANWAR, J. S. & TAKKAR, P. N., 1964. Distribution of sulphur forms in tea soils of the Punjab. *J. Res. (PAU)* **1**. 1—15.
- KILMER, V. J. & NEARPASS, D. C., 1960. The determination of available sulfur in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **24**. 337—340.
- LITTLE, R. C., 1958. Sulphur in soils: III. A study of the readily soluble sulphate content and of the total sulphur content of soil. *J. Sci. Food Agric.* **9**. 273—281.
- LOWE, L. W., 1969. Sulfur fractions of selected Alberta profiles of the gleysolic order. *Canad. J. Soil Sci.* **49**. 375—381.
- LOWE, L. E. & DELONG, W. A., 1963. Carbon bonded sulphur in selected Quebec soils. *Canad. J. Soil Sci.* **43**. 151—155.
- MCLAREN, R. G. & SWIFT, R. S., 1977. Changes in soil organic sulphur fractions due to the long term cultivation of soils. *J. Soil Sci.* **28**. 445—453.
- MCLACHLAN, K. D. (Ed.), 1974. *Handbook on Sulphur in Australian Agriculture*. CSIRO. Melbourne.
- MELVILLE, G. E., FRENEY, J. R. & WILLIAMS, C. H., 1971. Reaction of organic sulfur compounds in soil with tin and hydrochloric acid. *Soil Sci.* **112**. 245—248.
- SMITTENBERG, J. et al., 1951. Rapid methods for determining different types of sulphur compounds in soil. *Plant and Soil.* **3**. 353—360.
- SOIL SURVEY STAFF., 1975. *Soil Taxonomy*. USDA Handbook No. 435. U.S. Government Printing Office. Washington, D. C.
- SOMANI, L. L. & SAXENA, S. N., 1977. Studies on organic matter fractions in some soils of Rajasthan. *Univ. U. Res. J.* **15**. 19—29.
- STEINBERGS, A. et al., 1962. Determination of total sulphur in soil and plant material. *Analyt. chim. Acta.* **27**. 158—164.
- TABATABAI, M. A. & BREMNER, J. M., 1972. Forms of sulfur, and carbon, nitrogen and sulfur relationships in Iowa soils. *Soil Sci.* **114**. 380—386.
- VIRMANI, S. M. & KANWAR, J. S., 1971. Distribution of forms of sulphur in six soil profiles of North-east India. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **19**. 73—77.
- WALKER, T. W., 1957. The sulphur cycle in grassland soils. *J. brit. Grassl. Soc.* **12**. 10—18.
- WALKER, T. W. & ADAMS, A. F. R., 1958. Studies on soil organic matter: I. Influence of phosphorus content of parent materials on accumulation of carbon, nitrogen, sulfur, and organic phosphorus in grassland soils. *Soil Sci.* **85**. 307—318.
- WHITEHEAD, D. C., 1964. Soil and plant nutrition aspects of the sulphur cycle. *Soils. Fert.* **27**. 1—8.
- WILLIAMS, C. H., 1975. The chemical nature of sulphur compounds in soils. In: *Handbook on Sulphur in Australian Agriculture*. (Ed.: MCLACHLAN, K. D.) 21—30. Sydney Univ. Press. Sydney.
- WILLIAMS, C. H. & LIPSETT, J., 1961. Fertility changes in soils cultivated for wheat in southern New South Wales. *Aust. J. agric. res.* **12**. 612—629.
- WILLIAMS, C. H. & STEINBERGS, A., 1958. Sulphur and phosphorus in eastern Australian soils. *Aust. J. agric. Res.* **9**. 483—491.
- WILLIAMS, C. H. & STEINBERGS, A., 1959. Soil sulphur fractions as chemical indices of available sulphur in some Australian soils. *Aust. J. agric. Res.* **10**. 340—352.
- WILLIAMS, C. H. & STEINBERGS, A., 1962. The evaluation of plant-available sulphur in soils. I. The chemical nature of sulphate in some Australian soils. *Plant and Soil.* **17**. 279—294.
- WILLIAMS, C. H. & STEINBERGS, A., 1964. The evaluation of plant-available sulphur in soils. II. The availability of adsorbed and insoluble sulphates. *Plant and Soil.* **21**. 50—62.
- WILLIAMS, C. H., WILLIAMS, E. G. & SCOTT, N. M., 1960. Carbon, nitrogen, sulphur and phosphorus in some Scottish soils. *J. Soil Sci.* **11**. 334—346.

L. L. SOMANI

Érkezett: 1985. július 24.

S. K. N. Mezőgazdasági Főiskola, Jobner (India)